

JP9105781

**Title:**

**METHOD FOR OBSERVING ELECTROMAGNETIC FIELD RELATED TO PREMONITORY SYMPTOMS OF AN EARTHQUAKE AND DEVICE THEREFOR**

**Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To transmits low frequency earthquake electromagnetic field signals, local characteristic value signals and improved local characteristic value signals of a plurality of observing stations to a base station, determine delay time, half-value width and main characteristic value signal of an electromagnetic field signal from the correlation function of each station, and estimate the generating time, place and magnitude of an earthquake from them with high precision. **SOLUTION:** In a plurality of observing stations, the electromagnetic field signal accompanying a minute breakage of earth crust is observed by a sensor 1 and made into an earthquake electromagnetic signal free from noise by a local discriminating part 3, and local characteristic value and improved local characteristic value are formed by a local characteristic value calculating part 4. A transmitting part 5 transmits them to the receiving part 6 of a base station, a correlation processing part 7 finds the delay time and half-value width from the correlation function between the data of each observing station, and a tomographic part 8 finds the spatial distribution and extension of an earthquake electromagnetic field signal generating source. A main station discriminating part 9 extracts the electromagnetic field signal within an arrival allowable time width from the delay time, and a main station characteristic value calculating part 10 finds the main station characteristic value. A three-factor estimating part 11 synthetically estimates the earthquake generating time, generating place, and magnitude from them.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-105781

(43) 公開日 平成9年(1997)4月22日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号 庁内整理番号

疗内整理番号

F I  
G O 1 V 3/12  
1/00

## 技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 6 FD (全 15 頁)

(21)出願番号 特願平7-289166  
(22)出願日 平成7年(1995)10月12日  
特許法第30条第1項適用申請有り 1995年9月15日 日  
本地震学会発行の「1995年度秋季大会日本地震学会講演  
予稿集」に発表

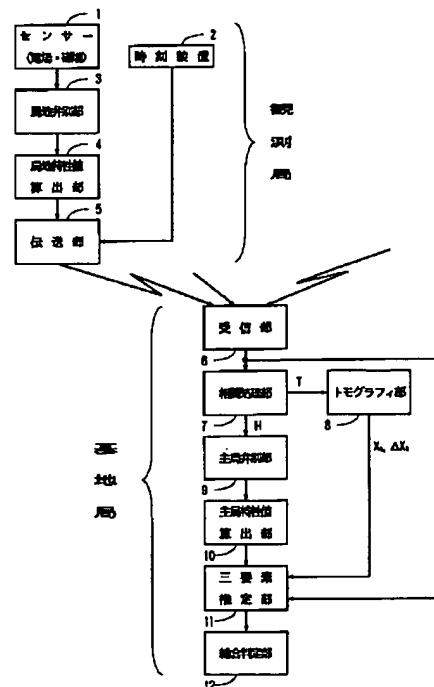
(71)出願人 591082498  
科学技術庁防災科学技術研究所長  
茨城県つくば市天王台3丁目1番  
(71)出願人 391027413  
郵政省通信総合研究所長  
東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号  
(72)発明者 藤堀 幸雄  
茨城県つくば市天王台3-1科学技術庁  
防災科学技術研究所内  
(72)発明者 高橋 謙三  
東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号  
郵政省通信総合研究所内

(54) 【発明の名称】 地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法、及びその装置

(57) 【要約】

【目的】本発明は、ノイズのない地震電磁界信号を抽出し、地震発生時、地震発生場所、及び地震のマグニチュードを高精度に推定し、地震の発生を直前に推定可能とする地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法、及びその装置を提供する。

【構成】少なくとも2箇所に設置した観測局にて検出し、市中ノイズ、大気放電等のノイズを除去した低周波の地震電磁界信号 $O_s$ と、この信号 $O_s$ を処理した局地特性値信号 $C_s$ 、及び改良局地特性値信号 $C_f$ とを基地局に送り、基地局では、各観測局の相関関数に基づいて求めた遅延時間 $T$ 、及び半値幅 $H$ と、地震電磁界信号 $O_s$ の主局特性値信号 $C_s$ とを求める、これらの信号と、観測局の局地特性値信号 $C_s$ 、改良局地特性値信号 $C_f$ とに基づいて地震の発生源分布の推定と、地震のマグニチュードの推定と、地震発生時を推定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の観測局にて検出した地震電磁界信号を処理して基地局に送り、地震発生時、地震発生位置、及び地震の大きさに関係する特性量を計測し、地震の前兆現象に係わる電磁界を観測する方法において、少なくとも2箇所に設置した観測局の電磁界センサにて検出した地震電磁界信号から市中ノイズ、及び大気放電ノイズを除去した地震電磁界信号 $O_s$ と、雷位置標定手段において準拠した方法により検出した雷電磁界信号の到来方位データ（方向 $d$ 、拡がり $\Delta d$ ）とを出し、前記地震電磁界信号 $O_s$ と、既知の地震電磁界信号波形とを比較し、同じ波形を有する信号以外の信号を除去して、ノイズの無い地震電磁界信号 $O_s$ を抽出し、前記地震電磁界信号 $O_s$ の、規定時間幅内に存在する振幅レベル毎のパルス数、及びその極大値からなる局地特性値信号 $C_r$ と、所定時間内に捕捉された前記到来方位データ（ $d$ 、 $\Delta d$ ）の相加平均から求めた局地方向分布データ（主方向 $d_{0i}$ 、ばらつき $\Delta d_{0i}$ ）とを出し、前記観測局の観測点から、前記基地局より送られたデータによって示される地震電磁界の中心位置 $X_0$ 、及びその拡がり $\Delta X_0$ に向けて結んだ中心方向 $d_s$ 、及びばらつき $\Delta d_s$ により形成された空間ウインドー幅内に存在する前記地震電磁界信号 $O_s$ の振幅レベル毎のパルス数、及びその極大値からなる改良局地特性値信号 $C_f$ を求めて出し、前記観測局の各々で求めた前記地震電磁界信号 $O_s$ の低周波信号、前記局地特性値信号 $C_r$ 、改良局地特性値信号 $C_f$ 、到来方位データ（ $d$ 、 $\Delta d$ ）及び局地方向分布データ（ $d_{0i}$ 、 $\Delta d_{0i}$ ）を前記基地局に送り、前記基地局において、各観測点の前記信号 $O_s$ の相関関数を求め、さらに平滑化した前記相関関数の極大を示す時点を遅延時間 $T$ として求めるとともに、前記平滑化相関関数の半値幅 $H$ を求め、前記遅延時間 $T$ より地震電磁界発生域の空間分布の中央点を示すデータ $X_t$ 、及びその拡がり $\Delta X_t$ を求め、前記半値幅 $H$ に基づいて形成される到達許容時間幅 $\Delta T_{12}$ 内に共通に存在する各観測点の前記信号 $O_s$ を抽出することにより、ノイズの無い地震電磁界信号 $O_r$ を得、前記信号 $O_r$ の振幅レベル毎のパルス数、及びその極大値からなる主局特性値信号 $C_r$ と、前記局地方向分布データ（ $d_{0i}$ 、 $\Delta d_{0i}$ ）に基づいて求めた地震電磁界発生域の中央位置 $X_r$ 、その拡がり $\Delta X_r$ 、及び強度分布 $I_r$ を平均分布データとして求めるとともに、算出した観測点から前記中央位置 $X_r$ 迄の震央距離 $L$ とを出し、前記空間分布データ $X_t$ 、 $\Delta X_t$ と、前記平均分布データ $X_r$ 、 $\Delta X_r$ 、及び $I_r$ と、前記到来方位データ（ $d$ 、 $\Delta d$ ）に基づいて算出した発生域データ $X_i$ 、 $\Delta X_i$ 、 $I_i$ との重み付け平均値計算により地震電磁界発生源の中心位置を示す $X_0$ 、その拡がり $\Delta X_0$ 、その強

度分布 $I_0$ を推定するとともに、前記中心位置データ $X_0$ 、及びその拡がり $\Delta X_0$ を前記各観測局に送り、入力された前記主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、改良局地特性値信号 $C_f$ 、及び震央距離 $L$ と、前記データ $X_0$ 、その拡がり $\Delta X_0$ の集合に基づいて求めた地震電磁界発生域の拡がりを示す量とに基づいて地震マグニチュード $M_0$ を推定し、入力された主局特性値信号 $C_r$ と、局地特性値信号 $C_e$ と、改良局地特性値信号 $C_f$ とにおけるパルス数の時間関数に基づいて求めた異常発生と判断する地震発生時 $T_0$ に、経験的に設定した時間 $\Delta T$ を加算して地震発生時 $T_E$ を推定する、ことを特徴とする地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法。

【請求項2】前記地震発生推定時 $T_E$ と、前記中心位置データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ 、その強度分布 $I_0$ と、前記マグニチュード $M_0$ とを、気象データと比較して雷の有無を確認するとともに、地殻活動モニタデータと比較して前記地震発生の推定時 $T_E$ 、前記地震発生源中心位置データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ 、強度分布 $I_0$ 、及び前記マグニチュード $M_0$ の信頼性の評価を行うことを特徴とする請求項1に従う方法。

【請求項3】前記中心位置データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ の集合に基づいて地震電磁界の発生域の拡がりを表示する量、例えば面積値を算出し、該値に基づいてマグニチュードの第1の推定値 $M_1$ を求め、前記主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、及び改良局地特性値信号 $C_f$ 、及び震央距離 $L$ に基づいて第2の推定値 $M_2$ を求め、前記推定値 $M_1$ 、 $M_2$ の重み付き平均値を算出して最終のマグニチュード $M_0$ を推定することを特徴とする請求項1に従う方法。

【請求項4】複数箇所に設置された観測局にて検出した地震電磁界信号を処理して基地局に送り、基地局にてさらに信号処理して地震発生時、地震発生位置、及び地震のマグニチュードに関係する特性量を計測し、地震の前兆現象に係わる地震電磁界を観測する装置において、少なくとも2箇所に設置された観測局のそれぞれは、前記観測局の電磁界センサにより検出された電磁界信号から市中ノイズ、及び大気放電ノイズを除去した地震電磁界信号 $O_s$ と、予め記憶させた既知の地震電磁界信号波形とを比較し、同じ波形を有する既知の地震電磁界信号を抽出してノイズの無い局地地震電磁界信号 $O_r$ を出力する共に、雷位置標定手段において準拠した方法により検出した雷電磁界信号の到来方位データ（ $d$ 、 $\Delta d$ ）を出力する局地地震電磁界弁別手段と、

入力された前記信号 $O_s$ の、規定時間幅内に存在する振幅レベル毎のパルス数と、その振幅の極大値とからなる局地特性値信号 $C_r$ 、及び所定時間内に捕捉された電磁界信号の前記到来方位データ（ $d$ 、 $\Delta d$ ）の相加平均から求めた局地方向分布データ（ $d_{0i}$ 、 $\Delta d_{0i}$ ）を出力する局地特性値算出手段と、

前記局地地震電磁界弁別手段から出力される信号 $O_s$ と、前記基地局から送られる地震電磁界中心位置を示すデータ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ とを入力され、前記観測局の観測点から前記中心位置 $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ に向けて結んで形成される空間ウインドー幅内に入る前記信号 $O_s$ の振幅レベル毎のパルスの数と、その極大値とからなる改良局地特性値信号 $C_f$ を出力する改良局地特性値算出手段と、前記局地地震電磁界弁別手段から出力される信号 $O_s$ のうちの低周波の信号 $O_s$ と、前記局地特性値信号 $C_e$ 、及び改良局地特性値信号 $C_f$ と、到来方位データ( $d$ 、 $\Delta d$ )、及び局地方向分布データ( $d_{0i}$ 、 $\Delta d_{0i}$ )とを前記基地局に送る伝送手段とを備え、

前記基地局は、

前記各観測局から入力された前記信号 $O_s$ の平滑化された相関関数が極大となる時点を地震電磁界の遅延信号 $T$ として求めるとともに、前記平滑化相関関数の半値幅 $H$ を求める相関処理手段と、

前記遅延時間 $T$ を入力されて地震電磁界発生域の空間分布の中央点を示すデータ $X_t$ 、その拡がり $\Delta X_t$ を算出するトモグラフィー手段と、

複数の前記信号 $O_s$ と、前記相関処理手段からの半値幅 $H$ とを入力され、前記半値幅 $H$ に基づいて形成される到達許容時間幅 $\Delta T_{12}$ 内に共通に存在する複数の信号 $O_s$ を抽出してノイズの無い主局地震電磁界信号 $O_r$ を出力する主局地震電磁界波弁別手段と、

入力された前記信号 $O_r$ の振幅レベル毎のパルス数、極大値からなる主局特性値信号 $C_r$ と、局地方向分布データ( $d_{0i}$ 、 $\Delta d_{0i}$ )に基づいて算出された地震電磁界の平均分布データ $X_r$ 、その拡がり $\Delta X_r$ 、及び強度分布 $I_r$ とを出力し、さらに、前記観測局から前記平均分布データ $X_r$ 迄の震央距離 $L$ を算出して出力する主局特性値算出手段と、

前記主局特性値算出手段からの平均分布データ $X_r$ 、 $\Delta X_r$ 、 $I_r$ と、前記トモグラフィー手段からの空間分布データ $X_t$ 、 $\Delta X_t$ と、到来方位データ( $d$ 、 $\Delta d$ )を入力されて算出した発生域データ $X_i$ 、 $\Delta X_i$ 、 $I_i$ との重み付け平均値計算により算出された地震電磁界発生源の中心位置データ $X_0$ 、その拡がり $\Delta X_0$ 、及び強度分布 $I_0$ を推定するとともに、該中心位置データ $X_0$ 、その拡がり $\Delta X_0$ を前記各観測局の改良局地特性値算出手段に送る発生源分布推定手段と、

入力された前記中心位置データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ の集合に基づいて求めた地震電磁界発生域の拡がりを示す量と、主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、改良局地特性信号 $C_f$ 、及び震央距離 $L$ とに基づいて地震のマグニチュード $M_0$ を算出するマグニチュード推定手段と、前記特性値 $C_e$ 、 $C_f$ 、 $C_r$ のパルス数を入力され、このパルス数と時間との関数を示すパルス数時間関数に基づいて求めた異常発生と判断する時間 $T_0$ に、経

験的に知られた時間 $\Delta T$ を加算して地震発生時 $T_E$ を推定する発生時推定手段とを備えることを特徴とする地震電磁界の観測による地震の前兆現象に係わる電磁界観測装置。

【請求項5】 前記発生時推定手段からの地震発生推定時 $T_E$ と、前記発生源推定手段からの中心位置データ $X_0$ 、その拡がり $\Delta X_0$ 、強度分布 $I_0$ と、前記マグニチュード推定手段からのマグニチュード $M_0$ とを、気象データと比較して雷の有無を確認する一方、地殻活動モニタデータと比較して前記三者のデータの推定の信頼性を判定する総合判定手段を備えることを特徴とする請求項4記載の装置。

【請求項6】 前記中心位置データ $X_0$ 、その拡がり $\Delta X_0$ の集合に基づいて地震電磁界の発生域の拡がりを表す量、例えば面積値を算出し、該値に基づいてマグニチュードの第1の推定値 $M_1$ を求め、入力された前記主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、及び改良局地特性値信号 $C_f$ 、及び震央距離 $L$ に基づいて求めた第2の推定値 $M_2$ を求め、前記推定値 $M_1$ 、 $M_2$ の重み付き平均値を算出して最終のマグニチュード $M_0$ を求めることが特徴とする請求項4に従う装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、地震発生前に観測される地震電磁界信号に基づいて、地震発生の時期、地震発生場所、及び地震のマグニチュードを数日～数時間前に推定することを可能にする地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法、及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 地震の予知は、数10年を単位とする長期予知、数年を単位とする中期予知、数ヶ月～数10日前を目指した短期予知、及び数日～数時間前を目指した直前予知の4つに大別される。

【0003】 従来技術による地震の短期予知は、主としてギリシャでVAN法と呼ばれる方法で試行されている。また、電磁界の観測に基づく地震の予知法を提案した発明が知られている。代表例として示す次の3件のうちの1つ目は、「電位差又は電波のダイナミック・スペクトルによる地震予報法」(特開昭62-103596号公報参照)で、2つ以上の観測点における電位差、又は電波のスペクトル、及びその時間変化を比較することにより、地震に伴う信号を弁別することを要旨とする。2つ目は、「地震前兆の電界変動の観測法」(特公平5-35999号公報参照)で、地震電磁界の検出のためのセンサーとしてボアホール・アンテナを用いる方法を要旨とする。3つ目は、「地震前兆の長波・地電流の発生領域のトモグラフィ法」(特公平5-36000号公報参照)に関するもので、地震電磁界の異なる観測点での相関により発生領域のトモグラフィー作成を行う。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、短期の推定を目指した地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法として一定の評価があるのは、唯一つギリシャで試行されているVAN法であるが、それは、10日～40日前の短期推定を目指した地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法であり、数日～数時間といった直前の推定を目指した地震の前兆現象に係わる電磁界の観測は、技術的には不可能とされ、これまでに実現した例はない。しかも、VAN法は、一定の地震予想域における感度の良い場所を入念に選んで電極を布設しなければならない上、その電極布設方法についても数多くの試験を経て選定し、100倍程度の雑音から有意な情報を抽出する必要がある。そのため、地震発生地点の推定には非常に豊富な経験が必要とされる。また、短期の推定を目指した地震の前兆現象に係わる電磁界観測を行うVAN法にしても、人工ノイズの多い我が国などでは、実用に当たって相当な工夫が必要とされる。それにもましてVAN法を含めた従来の方法では、地震の数時間前の直前の推定を目指した地震の前兆現象に係わる電磁界の観測は、現実的に困難であるという問題があった。

【0005】本発明は、上記の課題を解決するもので、ノイズの無い、又はノイズの非常に少ない地震電磁界信号を抽出し、この電磁界信号から各観測局、及び基地局にて求めた地震電磁界に関する多種類の特性値信号等に基づいて、地震予測の三要素である地震発生時、地震発生場所、及び地震のマグニチュードを実用的に推定し、地震の発生を直前に推測可能とする電磁界の観測による地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法、及びその装置を提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法は、複数の観測局にて検出した地震電磁界信号を処理して基地局に送り、地震発生時、地震発生位置、及び地震の大きさに関係する特性量を計測し、地震の前兆現象に係わる電磁界観測を行う方法において、少なくとも2箇所に設置した観測局の電磁界センサにて検出した地震電磁界信号から市中ノイズ、及び大気放電ノイズを除去した地震電磁界信号 $O_s$ と、雷位置標定手段において準拠した方法により検出した雷電磁界信号の到来方位データ $(d, \Delta d)$ とを出力し、地震電磁界信号 $O_s$ と、既知の地震電磁界信号波形とを比較し、同じ波形からなるノイズの無い地震電磁界信号 $O_s$ を抽出し、地震電磁界信号 $O_s$ の、規定時間幅内に存在する振幅レベル毎のパルス数、及びその極大値からなる局地特性値信号 $C_e$ と、所定時間内に捕捉された到来方位データ $(d, \Delta d)$ の相加平均から求めた局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$ とを出力する。観測点から、基地局より送られたデータに示される地震電磁界の中心位置 $X_0$ 、及びその拡がり $\Delta X_0$ に向けて結んだ中心方向 $d_s$ 、及びばらつき $\Delta d_s$ により形成された空間ワイ

ンドー幅内に存在する地震電磁界信号 $O_s$ の振幅レベル毎のパルス数、及びその極大値からなる改良局地特性値信号 $C_f$ を求めて出力し、観測局の各々で求めた地震電磁界信号 $O_s$ の低周波信号と、局地特性値信号 $C_e$ 、改良局地特性値信号 $C_f$ 、到来方位データ $(d, \Delta d)$ 、及び局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$ を基地局に送り、少なくとも4点の観測点の場合には一対の各観測点の信号 $O_s$ 間の相関関数、及び平滑化相関関数を求め、その極大値を示す時点を遅延時間 $T$ として求めるとともに、平滑化相関関数の半値幅 $H$ を求め、そして遅延時間 $T$ を入力されて地震電磁界発生域の空間分布の中央点を示すデータ $X_t$ 、及びその拡がり $\Delta X_t$ を求め、各対の観測点のデータにつき半値幅 $H$ に基づいて形成される到達許容時間幅 $\Delta T_{12}$ 内に共通に存在する信号 $O_s$ のみを抽出することによりノイズの無い地震電磁界信号 $O_r$ を得、信号 $O_r$ の振幅レベル毎のパルス数、及びその極大値からなる主局特性値信号 $C_r$ と、局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$ に基づいて求めた地震電磁界発生域の平均位置 $X_r$ 、その拡がり $\Delta X_r$ 、及び強度分布 $I_r$ と、算出した観測点から平均位置データ $X_r$ 迄の震央距離 $L$ とを出力し、トモグラフィー算出手段からの空間分布データ $X_t$ 、 $\Delta X_t$ と、前記平均分布データ $X_r$ 、 $\Delta X_r$ 、及び $I_r$ と、到来方位データ $(d, \Delta d)$ に基づいて算出した発生域データ $X_i$ 、 $\Delta X_i$ 、 $I_i$ との重み付け平均値計算により、地震電磁界発生源の中心位置 $X_0$ 、その拡がり $\Delta X_0$ 、その強度分布 $I_0$ を推定するとともに、中心位置データ $X_0$ 、及びその拡がり $\Delta X_0$ を各観測局に送る。入力された前記主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、改良局地特性値信号 $C_f$ 、及び震央距離 $L$ と、前記データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ の集合に基づいて求めた地震電磁界発生域の拡がりを示す量とに基づいて地震マグニチュード $M_0$ を推定し、入力された主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、及び改良局地特性値信号 $C_f$ におけるパルス数の時間関数に基づいて求めた異常状態と判定する地震発生時 $T_0$ に、経験的に設定した時間 $\Delta T$ を加算して地震発生時 $T_E$ を推定することを特徴とするものである。

【0007】また、本発明の方法は、地震発生推定時 $T_E$ と、中心位置データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ 、その強度分布 $I_0$ と、マグニチュード $M_0$ とを、気象データと比較して雷の有無を確認するとともに、地殻活動モニタデータと比較して地震発生の推定時 $T_E$ 、地震発生源推定中心位置データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ 、強度分布 $I_0$ 、及びマグニチュード $M_0$ の信頼性の評価を行うことを特徴とする。

【0008】さらに、本発明の方法は、地震電磁界の発生点の集合により形成される地震電磁界の発生域の拡がりを表す量、例えば面積値を算出し、この値に基づいてマグニチュードの第1の推定値 $M_1$ を求め、主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、及び改良局地特性値信号 $C_f$ を用いて算出した発生域の拡がりを示す量と、前記主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、改良局地特性値信号 $C_f$ に基づいて求めた異常状態と判定する地震発生時 $T_0$ に、経験的に設定した時間 $\Delta T$ を加算して地震発生時 $T_E$ を推定することを特徴とする。

号 $C_f$  のパルス数、極大値、極小値、及び震央距離 $L$ に基づいて第2の推定値 $M_2$  を求め、推定値 $M_1$ 、 $M_2$  の重み付き平均値を算出して最終のマグニチュード $M_0$  を求めることを特徴とする。

【0009】また、本発明の地震の前兆現象に係わる電磁界観測装置は、複数箇所に設置された観測局にて検出した地震電磁界信号を処理して基地局に送り、基地局にてさらに信号処理して地震発生時、地震発生位置、及び地震のマグニチュードに係わる特性量を計測し、地震の前兆現象に係わる電磁界観測を行う装置において、少なくとも2箇所に設置された観測局のそれぞれは、観測局の電磁界センサにより検出された電磁界信号から市中ノイズ、及び大気放電ノイズを除去した地震電磁界信号 $O_a$  と、予め記憶させた既知の地震電磁界信号波形とを比較し、同じ波形を有する既知の地震電磁界信号を抽出してノイズの無い局地地震電磁界信号 $O_s$  を出力すると共に、雷位置標定手段において準拠した方法により検出した雷電磁界の到来方位データ $(d, \Delta d)$  を出力する局地地震電磁界弁別手段と、入力された前記信号 $O_s$  の、規定時間幅内に存在する振幅レベル毎のパルス数と、その振幅の極大値からなる局地特性値信号 $C_e$  、及び所定時間内に捕捉された到来方位データ $(d, \Delta d)$  の相加平均から求めた局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$  を出力する局地特性値算出手段と、局地地震電磁界弁別手段から出力される信号 $O_s$  と、基地局から送られる地震電磁界中心位置データ $X_0$  、拡がり $\Delta X_0$  とを入力され、観測局の観測点から中心位置 $X_0$  、拡がり $\Delta X_0$  に向けて結んで形成される空間ウインドー幅内に入る信号 $O_s$  の振幅レベル毎のパルスの数と、その極大値とからなる改良局地特性値信号 $C_f$  を出力する改良局地特性値算出手段と、局地地震電磁界弁別手段から出力される信号 $O_s$  のうちの低周波の信号 $O_{s1}$  と、局地特性値信号 $C_e$  、及び改良局地特性値信号 $C_f$  と、到来方位データ $(d, \Delta d)$  、及び局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$  を前記基地局に送る伝送手段とを備える。基地局は、各観測局から入力された前記信号 $O_s$  の平滑化された相関関数が極大となる時点を地震電磁界の遅延時間 $T$  として求めるとともに、平滑化相関関数の半値幅 $H$  を求める相関処理手段と、遅延時間 $T$  を入力されて地震電磁界発生域の空間分布の中央点を示すデータ $X_t$  、その拡がり $\Delta X_t$  を算出するトモグラフィー手段と、複数の信号 $O_s$  と、相関処理手段からの半値幅 $H$  を入力され、半値幅 $H$  に基づいて形成される許容時間幅 $\Delta T_{12}$  内に共通に存在する複数の信号 $O_s$  を抽出してノイズの無い主局地震電磁界信号 $O_r$  を出力する主局地震電磁界波弁別手段と、入力された前記信号 $O_r$  の振幅レベル毎のパルス数、極大値からなる主局特性値信号 $C_r$  と、局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$  に基づいて算出された地震電磁界の平均分布データ $X_r$  、拡がり $\Delta X_r$  、強度分布 $I_r$  とを出力し、さらに、観測局から前記平均位置 $X_r$

迄の震央距離 $L$  を算出して出力する主局特性値算出手段とを備える。さらに、主局特性値算出手段からの平均分布データ $X_r$  、 $\Delta X_r$  、 $I_r$  と、トモグラフィー手段からの空間分布データ $X_t$  、 $\Delta X_t$  と、到来方位データ $(d, \Delta d)$  を入力されて算出した発生域データ $X_i$  、 $\Delta X_i$  、 $I_i$  との重み付き平均値により算出された地震電磁界発生源の中心位置データ $X_0$  、拡がり $\Delta X_0$  、及び強度分布 $I_0$  を推定するとともに、中央位置データ $X_0$  、拡がり $\Delta X_0$  を各観測局の改良局地特性値算出手段に送る発生源分布推定手段と、入力された中心位置データ $X_0$  、拡がり $\Delta X_0$  の集合に基づいて求めた地震電磁界発生域の拡がりを示す量と、主局特性値信号 $C_r$  、局地特性値信号 $C_e$  、改良局地特性信号 $C_f$  、及び震央距離 $L$  に基づいて地震のマグニチュード $M_0$  を算出するマグニチュード推定手段と、特性値 $C_e$  、 $C_f$  、 $C_r$  のパルス数を入力され、このパルス数と、時間との関数を示すパルス数時間関数に基づいて求めた異常発生と判断する時間 $T_0$  に、経験的に知られた時間 $\Delta T$  を加算して地震発生時 $T_E$  を推定する発生時推定手段とを備えることを特徴とする。

【0010】また、本発明の予測装置は、発生時推定手段からの地震発生時 $T_E$  と、発生源推定手段からの中心位置データ $X_0$  、拡がり $\Delta X_0$  、強度分布 $I_0$  と、マグニチュード推定手段からのマグニチュード $M_0$  とを、気象データと比較して雷の有無を確認する一方、地殻活動モニタデータと比較して、前記三者のデータの推定の信頼性を判定する総合判定手段を備えることを特徴とする。

【0011】さらに、本発明の予測装置のマグニチュード推定手段は、入力された前記中心位置データ $X_0$  、拡がり $\Delta X_0$  の集合に基づいて地震電磁界の発生域の拡がりを表す量、例えば面積値を算出し、この値に基づいてマグニチュードの第1の推定値 $M_1$  を求め、入力された主局特性値信号 $C_r$  、局地特性値信号 $C_e$  、及び改良局地特性値信号 $C_f$  、及び震央距離 $L$  に基づいて求めた第2の推定値 $M_2$  を求め、推定値 $M_1$ 、 $M_2$  の重み付き平均値を算出して最終のマグニチュード $M_0$  を求めることを特徴とする。

【0012】

【作用】少なくとも2箇所に設置した観測局の地震電磁界センサにより検出し、増幅した地震電磁界信号 $O$  から市中ノイズ、及び雷による誘導信号を除去した地震電磁界信号 $O_s$  を形成し、この信号 $O_s$  と、雷位置標定手段において準拠して検出した雷電磁界の到来方位データ $(d, \Delta d)$  とを局地地震電磁界弁別手段に送る。局地地震電磁界弁別手段に入力された地震電磁界信号 $O$  と、予め記憶された既知の地震電磁界信号波形とを比較し、同じ波形を有する地震電磁界信号 $O_s$  を抽出して局地特性値算出手段に入力し、ここで、この信号 $O_s$  の振幅レベル別のパルス数、及び極大値からなる局地特性

値信号 $C_e$ と、所定時間内に捕捉された到来方位データ $(d, \Delta d)$ の相加平均から求めた局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$ とを出力する。地震電磁界信号 $O_s$ と、基地局から送られて来る地震電磁界発生域の中心位置データ $(X_0, \Delta X_0)$ とを入力され、観測点から中心位置データ $(X_0, \Delta X_0)$ に向けて結んで形成される空間ウインドー幅内に入る地震電磁界信号 $O_s$ の振幅レベル毎のパルス数、及びその極大値からなる信号を改良局地特性値信号 $C_f$ として出力する。そして、地震電磁界信号 $O_s$ 、低周波の地震電磁界信号 $O_s$ 、局地特性値信号 $C_e$ 、前記改良局地特性値信号 $C_f$ 、到来方位データ $(d, \Delta d)$ 、及び局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$ を伝送手段を介して基地局に送る。基地局の相関処理手段に入力された各観測局の低周波の信号 $O_s$ の平滑化された相関関数の極大となる時点を遅延時間 $T$ として求めるとともに、平滑化相関関数の半値幅 $H$ を求める。そして、この遅延時間 $T$ を入力されたトモグラフィ算出手段は、地震電磁界発生領域の空間分布データ $X_t, \Delta X_t$ を求める。主局地震電磁界波弁別手段は、到達許容時間幅 $\Delta T_{12}$ 内に共通に存在する各観測局の地震電磁界信号 $O_s$ を抽出し、ノイズの無い地震電磁界信号 $O_r$ を出力する。信号 $O_r$ を入力された主局特性値算出手段は、この信号 $O_r$ の振幅レベル毎のパルス数、その極大値からなる主局特性値信号 $C_r$ と、地震電磁界発生域 $(X_r, \Delta X_r)$ 、及び強度分布 $I_r$ と、観測点から $X_r$ 迄の震央距離 $L$ と、局地方向分布データ $(d_{0i}, \Delta d_{0i})$ に基づいて算出した平均分布データ $(X_r, \Delta X_r)$ 、及び強度分布 $I_r$ とを出力する。発生源分布推定手段では、前記トモグラフィー手段からの空間分布データ $X_t, \Delta X_t$ と、主局特性値算出手段からの平均分布データ $X_r, \Delta X_r$ 、及び $I_r$ と、観測局から入力される到来方位データ $(d, \Delta d)$ に基づいて求めた発生域データ $X_i, \Delta X_i, I_i$ との、重み付き平均値計算により求めた地震電磁界信号発生源の中心位置データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ 、及びその強度分布 $I_0$ を求める他、このデータ $X_0, \Delta X_0$ を観測局の改良局地特性値算出手段に送る。マグニチュード推定手段では、入力された前記データ $X_0, \Delta X_0$ と、特性値 $C_e, C_f, C_r$ 、及び震央距離 $L$ とに基づいて地震マグニチュード $M_0$ を算出する。発生時推定手段では、主局特性値信号 $C_r$ 、局地特性信号 $C_e$ 、及び $C_f$ のパルス数の時間関数から求めた地震発生時 $T_0$ に、経験的に設定した時間 $\Delta T$ を加算して、地震発生時 $T_E$ を推定する。

### 【0013】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照しつつ説明する。図1は、本発明に係る電磁界の観測による地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法を実施する装置の実施例の概略的構成を示し、複数の観測局のうちの1つの概略的ブロック図と、基地局の概略的ブロック図により示される。この観測局は、センサー1、時刻装置2、

局地弁別部3、局地特性値算出部4、及び伝送部5を備え、基地局は、複数の観測局から送信される信号を受信する受信部6、相関処理部7、トモグラフィー部8、主局弁別部9、主局特性値算出部10、三要素推定部11、及び総合判定部12を備えている。

【0014】図1において、観測局が少なくとも2箇所に設置され、それぞれの観測局は、地殻の主破壊前に震源域で発生する微小破壊に伴う電磁界信号を観測して地震電磁界信号を弁別、処理し、基地局は、これら各観測局から送信された全データを受信して処理し、地震の前兆現象に係わる電磁界の観測を行う。以下に、観測局に配置される装置を説明する。センサー1は、ボアホール・アンテナ、ダイポール・アンテナ等の電場計測用センサー、又はインダクション型磁場センサー等の磁場計測用センサーである。時刻装置2は、複数の観測局の時刻を $1\mu$ 秒程度の精度で同期をとるための時刻装置である。局地弁別部3は、後述する図2の詳細な説明から明らかとなるが、センサー1により検出した地震電磁界信号から雷放電等のノイズを除去する一方、地震電磁界の波形、スペクトル等の特性を基にノイズのない地震電磁界信号を出し、さらに、雷電磁界信号の到来方位データ $d$ （方向）、その拡がり $\Delta d$ を出力する。局地特性値算出部4は、入力された地震電磁界信号について、一定時間毎に振幅レベル毎のパルス数等の局地特性値を求める。伝送部5は、各観測局にて求めた原データ、及び地震電磁界信号の特性値を基地局に伝送する。

【0015】次に、上記観測局のそれぞれから送信された信号を受信する基地局に配置された装置を説明する。受信部6は、通常は2箇所以上に設置された各観測局から伝送される全データを受信する。相関処理部7は、一対の相異なる2つの観測局における一定時間長の時系列データを用い、これら2地点の時系列データ間の相関関数 $R_{ij}(t)$ の平滑化された関数の極大となる時点を求め、その時点を遅延時間 $T$ として求めるとともに、平滑化相関関数の半値幅 $H$ を求める。この遅延時間 $T$ を入力されたトモグラフィー部8は、後述する図3の説明から明らかとなるが、遅延時間 $T$ から地震電磁界信号の発生源の空間的分布 $X_t$ 、その拡がり $\Delta X_t$ を求める。半値幅 $H$ を入力された主局弁別部9は、後述する図3の説明から明らかとなるが、相関処理部7で求めた遅延時間 $T$ を考慮して、少なくとも3つの観測局で検出され、かつ到達許容時間幅内に存在する信号を地震電磁界信号として抽出し、主局特性値算出部10は、主局弁別部9において地震電磁界信号として弁別し、抽出された信号を用い、局地特性値算出部4で求めた算出方法と同じ手法で地震電磁界信号の主局特性値を算出する。

【0016】三要素推定部11は、主局特性値算出部10で求めた主局特性値と、トモグラフィー部8で算出した電磁界信号の発生源の空間的分布、及び強度分布データと、受信部6を介して送信される局地特性値等とを総

合し、地震予測の三要素である地震発生時、地震発生場所、及び地震のマグニチュードを推定し、総合判定部12は、微小地震等の地殻活動観測データに関する参考データを参照し、また、気象等の参考データを参照して三要素推定部11で推定した地震予測の三要素の値の信頼度を算定する。

【0017】図2は図1に示す観測局の詳細なブロック図、図3は図1に示す基地局の詳細なブロック図である。図2に示す観測局において、電場・磁場を計測するセンサー21には、垂直電磁界を検出するボアホール・アンテナ（地中に鉛直方向に埋め込まれた数100mの長さの金属性パイプをモノポールとするアンテナ、特公平5-35999号公報参照）、水平方向の地電位成分を計測するための各々数10m離設された2対の電極（ダイポール）、磁場の3成分の計測のためのループアンテナ、又は、インダクション磁場センサーが用いられる。

【0018】フィルター22は、センサー21の検出信号から可能な限り市中ノイズを除去して1~9kHz、0.01~0.7Hz、0~0.7Hz等の200kHz以下のノイズの無い周波数成分を得、このノイズを除去された出力信号を入力された増幅器23は増幅信号Oを出力する。

【0019】雷位置標定部25は、複数の観測局の時計の時刻を1μ秒程度の精度で同期をとる時刻装置、例えば高精度GPS時計を内蔵する市販の雷位置評定システム（例えば、SAFIR、LPATS、LLPSなど）を用い、雷放電を識別して雷による誘導信号を雷除去部24に送る他、雷電磁界の到来方向を一点での測定により決定し、その到来方位データd（方向）、及びそのばらつき△dを求める。このデータd、△dは、センサー21により検出した電場・磁場信号の位相関係から、又は、複数のアンテナへの雷信号の到達時間から求められる。

【0020】雷除去部24は、雷位置標定部25の雷放電の誘導信号を入力され、増幅器23の出力信号Oから雷誘導信号を除去した地震電磁界信号O<sub>a</sub>と、雷位置標定部25により求めた電磁界到来方位データd、△dとを出力する。

【0021】局地地震電磁界弁別部26は、信号O<sub>a</sub>と、異なる周波数帯、特性の異なるアンテナ、または、電極の出力差等を考慮して予め作成した多数の既知の地震電磁界信号の波形とを比較し、同じ波形を有する既知の地震電磁界信号を抽出し、可能な限りノイズを除去した局地地震電磁界信号O<sub>s</sub>を出力する。

【0022】局地特性値算出部27では、局地地震電磁界弁別部26で得た電磁界信号O<sub>s</sub>から遠隔伝送に適合しない信号、例えば、10kHz以上の高周波の信号を抜き出した電磁界信号O<sub>s</sub>について、パルス波高分析技術により振幅レベル毎のパルス数を検出し、さらに、規

定された時間幅（例えば、3秒）における信号O<sub>s</sub>の極大値、極小値を求め、この信号を局地特性値信号C<sub>s</sub>として出力し、さらに、この信号C<sub>s</sub>に時刻装置30からのクロック信号T<sub>c</sub>を付加し、伝送部29を介して後述する基地局に伝送する。さらに、ここでは、雷位置標定部25において決定された到来方位データd、及びそのばらつき△dが、規定された時間幅内にn個存在したとすると、一定時間毎にd<sub>1</sub>、d<sub>2</sub>、…、d<sub>n</sub>の相加平均値d<sub>01</sub>=(d<sub>1</sub>+d<sub>2</sub>+…+d<sub>n</sub>)/nと、同様にしてその拡がり△d<sub>01</sub>とを次々に算出し、このようにして求めた各局地方向分布データd<sub>0i</sub>、及び△d<sub>0i</sub>を次々に伝送部29を介して基地局に送る。なお、局地地震電磁界弁別部26のアルゴリズムが不完全である場合には、増幅器23から出力される原信号Oについても同様な処理が行われるが、局地地震電磁界弁別部26が理想通りに機能する場合には、この信号Oに関する処理は不要となる。

【0023】改良局地特性値算出部28では、後述する説明から明らかとなるが、基地局の地震発生源分布推定部39から送られた重み付き計算により求めた地震電磁界信号の発生中心位置データX<sub>0</sub>、及びその拡がり△X<sub>0</sub>と、予め記憶させた各観測局の観測点の位置データとから、図4に示すように、観測点から発生域の中心点X<sub>0</sub>を結んだ中心方向d<sub>s</sub>と、そのばらつき△d<sub>s</sub>とを算出する。さらに、図5に示すように、このd<sub>s</sub>、及び△d<sub>s</sub>により形成された空間ウインドー内(d<sub>s</sub>±△d<sub>s</sub>)、換言すると∠POPにより囲まれる領域内に入る振幅レベル毎の地震電磁界信号O<sub>s</sub>のパルス（○印にて示す）の数、即ち、振幅レベルP<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>の間にはパルスが2個、振幅レベルP<sub>2</sub>、P<sub>1</sub>の間にはパルスが1個等のように計数したパルスの数と、局地地震電磁界弁別部26の出力信号O<sub>s</sub>の所定時間幅内における振幅の極大値、及び極小値とを算出し、これらの信号を改良局地特性値信号C<sub>f</sub>として出力するが、×印にて示す信号はノイズとして扱い、上記した信号処理は行わない。なお、上記した信号処理は、予め定められた時間毎に行う。

【0024】地震電磁界信号O<sub>s</sub>のうち低周波の信号、例えば、10kHz以下の信号O<sub>s</sub>は、局地地震電磁界弁別部26から伝送部29を介して直接に基地局に伝送される。さらに、伝送部29からは、到来方位データd、△d、及び局地方向分布データd<sub>0i</sub>、△d<sub>0i</sub>と、局地特性値信号C<sub>s</sub>、及び改良局地特性値信号C<sub>f</sub>と、増幅器23から出力される観測点の原データO、及び時刻装置30からのクロック信号T<sub>c</sub>とが送信される。

【0025】図3に示す基地局において、受信部31では、観測点1、2…Nにおける各観測局からのデータを受信し、そのデータの振り分けをインタフェース32が行う。ここで、第i番目の観測点からのデータをO<sub>i(j)</sub>とし、局地特性値データをC<sub>i(j)</sub>とするが、説

明を簡単にするため、以下において1部、又は全部の添字を省略することがある。局地特性値表示部33には、各観測局の局地特性値算出部27、及び改良局地特性値算出部28から送信された局地特性値C<sub>0</sub>、及び改良局地特性値C<sub>f</sub>が表示され、各観測局の増幅器23から送信した原データO<sub>s</sub>及び低周波の信号O<sub>s</sub>は、低速信号モニター34に記録される。

【0026】各観測局から低周波の信号O<sub>s</sub>を入力される相関処理部35では、図6(A)、(B)に示すように、一定時間長T<sub>0</sub>を有する時系列データとして、遅延時間T<sub>ij</sub>を持って入力される観測点iの信号O<sub>si</sub>と、観測点jから入力される信号O<sub>sj</sub>との相関関数R<sub>ij</sub>(t)は、

$R_{ij}(\delta t) = \int O_{si}(t + \delta t) O_{sj}(t) dt$   
で示される。さらに、この相関関数R<sub>ij</sub>(t)の移動平均(隣合うN個の平均値)をとって平滑化することにより得られた相関関数

$R_{sij}(\delta t) = \int \omega(t - \tau) R_{sij}(\tau) d\tau$   
において、そのR<sub>sij</sub>(δt)が極大となるδtの値T<sub>ij</sub>を求める。即ち、

$dR_{ij}(\delta t) / d\delta t = 0, d^2 R_{ij}(\delta t) / d\delta t^2 < 0$

を満足する遅延時間T<sub>ij</sub>を求める(特公平5-36000号公報参照)。また、平滑化された相関関数R<sub>s</sub>が(1/2)(R)となる時点をT<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>(T<sub>2</sub> > T<sub>1</sub>)とし、半値幅Hを、

$H_{12} = T_2 - T_1$

により求める。そして、この半値幅Hは主局地震電磁界波弁別部36に送る一方、遅延時間Tはトモグラフィー部38に送る。

【0027】トモグラフィー部38では、以下のような信号処理を行う。即ち、相関処理部35で求めた遅延時間Tについては、観測点が4個以上あれば、3個以上の独立な遅延時間Tがあるので、観測点の任意の2点を焦點とし、遅延時間に対応する伝搬距離差が一定な点の軌跡として、図7に示すように、観測点1、3を焦點とする双曲面、及び観測点1、2、3、4を含む平面の交線である双曲線で示される回転2葉双曲面11と、観測点2、4を焦點とする双曲面で示される回転2葉双曲面12と、観測点1、4を焦點とする双曲面で示される回転2葉双曲面13とが描かれ、これら双曲面11、12、13に関する直角座標の式に変換した以下の3つの式

$$X^2 - (Y^2 / 3) = 1, \\ (-X^2 / 3) + Y^2 = 1,$$

$$2XY + 2X - 2Y = 3,$$

の交点Qを地震発生空間点として求め(特公平5-36000)、次に、この発生点の集合の空間分布の中心位置としてX<sub>t</sub>、及びその拡がり△X<sub>t</sub>を算出する。

【0028】遅延時間を持って入力された各観測点からの信号O<sub>s</sub>から、さらにノイズを除去するために、低周

波の信号O<sub>s</sub>、及び相関処理部35からの半値幅Hを入力された主局地震電磁界波弁別部36では、全ての観測点のうち、任意に定めた3つの観測点に、例えば1、2、3の番号を付し、これらを二つづつの3グループ(1、2)、(2、3)、(3、1)に分け、図8の(A)、(B)に示すように、時間t<sub>1</sub>、t<sub>2</sub>にて到達するグループ(1、2)の信号O<sub>s</sub>の時系列データO<sub>s1</sub>、O<sub>s2</sub>に対し、図8(C)に示すように、遅延時間T<sub>12</sub>(T<sub>12</sub> = t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>)だけざらしてt<sub>2</sub>をt<sub>1</sub>に一致させた時系列データO<sub>s1</sub>(実線にて示す)、O<sub>s2</sub>(点線にて示す)を相互に比較し、相関処理部35から出力される半値幅H<sub>12</sub>により定められた到達時間許容幅△T<sub>12</sub>の時間ウインドー幅内に共通に存在する○印にて示す地震電磁界信号のみを抽出し、この信号処理により、ウインドー外に存在する×印にて示すノイズが入るのを除去する。この操作を(2、3)(3、1)の2つのグループに対して行い、このウインドー内に存在する信号を主局地震電磁界波弁別信号O<sub>r</sub>として出力する。なお、その他に、遅延時間を考慮して設定された所定時間幅に共通に存在する各観測局1、2、3からの3つの時系列データの信号O<sub>s</sub>を共に抽出するようにしてもよい。また、このような処理は任意に設定したグループに対して行ってよい。

【0029】信号O<sub>r</sub>を入力される主局特性値算出部37では、一定時間毎に観測局の局地特性値算出部27と同様にパルス波高分析技術により、信号O<sub>r</sub>の振幅レベル毎の地震電磁界信号のパルスの数と、規定された時間幅における地震電磁界信号の振幅の極大値、及び極小値とを求める。

【0030】さらに、各観測局から伝送してきた局地方向分布データd<sub>0i</sub>、△d<sub>0i</sub>から地震電磁界信号の発生源の平均中心位置X<sub>r</sub>、その拡がり△X<sub>r</sub>、及び平均強度分布I<sub>r</sub>を以下のようにして算出する。即ち、図9(A)に示すように、例えば与えられた観測点1、2、3の位置データと、各局地方向分布データd<sub>01</sub>±△d<sub>01</sub>、d<sub>02</sub>±△d<sub>02</sub>、d<sub>03</sub>±△d<sub>03</sub>とからその交差領域を算出し、さらに交差領域の中心X<sub>i</sub>、及びそのばらつき△X<sub>i</sub>を算出し、入力された全部の地震電磁界信号に対してこのような算出を行う。このようにして算出した発生場所X<sub>i</sub>と、そのばらつき△X<sub>i</sub>とを、図9(B)に模式的に示すように、1つの円として示すと、数多くの大小の円状の点の集合を雲状の塊として描くことが出来る。そして、図9(C)に示すように、この雲状の塊により描かれる領域の平均中心位置X<sub>r</sub>、その拡がり△X<sub>r</sub>を算出する。さらに、算出したこの雲状の塊の面積Sと、その中に存在する大小の円状の点の数Mとの比M/Sから、平均強度分布I<sub>r</sub>を算出し、これらの信号を主局特性値信号C<sub>r</sub>として出力する。なお、その際、図9(C)に示すように、例えば、観測点1から地震電磁界の平均中心位置X<sub>r</sub>迄の距離Lを算出しておく。ま

た、上記のようにして求めた $X_r$ 、その拡がり $\Delta X_r$ 、強度分布 $I_r$ は、発生源分布推定部39、及び主局特性値表示部42に送られる。

【0031】発生源分布推定部39では、トモグラフィー部38からの地震電磁界発生源に関する空間分布データ $X_t$ 、 $\Delta X_t$ と、主局特性値算出部37からの電磁界信号の平均分布データである地震電磁界発生域の中心位置 $X_r$ 、拡がり $\Delta X_r$ 、及び強度分布 $I_r$ と、インタフェース32から送られる各観測局からの到来方位データ $d$ 、及び $\Delta d$ に基づいて算出した地震電磁界発生データ $X_i$ 、拡がり $\Delta X_i$ 、強度分布 $I_i$ とに基づいて、地震電磁界信号の発生中心位置 $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ 、その強度分布 $I_0$ の推定を、以下のようにして行う。すなわち、地震電磁界信号の3つのデータ、 $X_t$ 、 $\Delta X_t$ と、 $X_i$ 、 $\Delta X_i$ 、 $I_i$ と、 $X_r$ 、 $\Delta X_r$ 、 $I_r$ とに対し、以下に示す適当な重みを付け計算式により中心位置 $X_0$ 、及びその拡がり $\Delta X_0$ を算出する。

$$X_0 = (1/3) (w_1 X_i + w_2 X_r + w_3 X_t),$$

$$\Delta X_0 = (1/3) (w_1 \Delta X_i + w_2 \Delta X_r + w_3 \Delta X_t),$$

ここで、 $w_1 + w_2 + w_3 = 1$ である。また、重み付き強度分布 $I_0$ も、

$$I_0 = (1/2) (w_4 I_i + w_5 I_r)$$

により算出し、中心位置データ $X_0$ 、 $\Delta X_0$ 、その強度分布 $I_0$ を次々に送出する。そして、発生源分布推定部39のデータ $X_0$ 、 $\Delta X_0$ は、前述したように、各観測局の改良局地特性値算出部28に送られ、当該観測点における空間ウインドー内の信号のみにつき、改良局地特性値 $C_f$ を算出してそれを主局に送信し、局地特性値表示部33に表示する。なお、この重み付き平均値の算出のアルゴリズムは、トモグラフィー部38から得られた発生源データ $X_t$ 、 $\Delta X_t$ にかなりの重みを置いた重み付き平均による。

【0032】地震の発生時推定部41では、入力される特性値信号 $C_e$ 、 $C_f$ 、 $C_r$ における所定時間幅当たりのパルス数時間関数の重み付き平均特性関数 $C_a$ を、 $C_a = (1/3) (w_e C_e + w_f C_f + w_r C_r)$ の式により算出する、ここで、当初は、例えば $w_e = 0.2$ 、 $w_f = 0.3$ 、 $w_r = 0.5$ とするが、最適な重みの値は経験的に決められる。このようにして求め定められた時間内、例えば30分毎に算出した $C_a$ を縦軸に、時間 $t$ を横軸にとると、図10(A)に例示されるグラフが描かれる。この地震電磁界信号のパルス数時間関数の重み付き平均値 $C_a$ において、経験的に知られた地震発生の直前と判定する異常判定基準値 $C_c$ に対し、この $C_a$ を超える時刻 $T_0$ を求める。そして、図10(B)に示すように、所定値 $C_c$ を超える時間 $T_0$ に、経験的に知られた地震発生迄の時間 $\Delta T$ (通常は、数時間程度)を加え、

$$T_E = T_0 + \Delta T$$

を算出することで地震発生時 $T_E$ を推定する。地震発生判定の基準値 $C_0$ 、及びその時刻 $T_0$ から発生迄の時間 $\Delta T$ は、経験的に決定するものとし、さらに各地域のデータの蓄積を基に改良して行く学習機能を有するものであってもよい。判定基準 $C_0$ の決め方にもよるが、 $\Delta T$ は、現在の研究では、概ね数時間～数日であることが知られている。

【0033】マグニチュード推定部40では、図11に示すように、発生源分布推定部39で求めた各地震電磁界信号 $X_0$ 、 $\Delta X_0$ の×印で示す発生位置を基に、その拡がりのパラメーター、例えば、面積 $A$ を次のようにして算出する。即ち、これらの地震電磁界信号の発生源は、図11に示すように、前述したように雲状の分布を描くので、これを囲む領域を作り、その面積を算出するが、円、又は、楕円によりその領域を近似することで、面積 $A$ の計算は容易となる。この面積 $A$ を、地震学で既知のマグニチュードを算出する経験式

$$M = a \log A + b$$

に挿入し、マグニチュード $M$ の推定値 $M_1$ を求める、ここで、 $a$ 、 $b$ は定数である。次に、主局特性値算出部37の主局特性信号 $C_r$ 、及び各観測局からの局地特性信号 $C_e$ 、改良局地特性信号 $C_f$ のパルスの数、極小値、極大値、及び主局特性値算出部37で求めた観測点から発生域の中央点 $X_r$ 迄の震央距離 $L$ を以下に示すマグニチュードの経験的関係式

$$\text{経験的関係式} = M_2 = f (C_r, C_e, C_f, L)$$

に挿入し、マグニチュードの第2の推定値 $M_2$ を求める。マグニチュードの最終推定値 $M_0$ は、推定値 $M_1$ 、 $M_2$ の重みつき平均値、

$$M_0 = (1/2) (w_1 M_1 + w_2 M_2)$$

の式にて算出する。なお、現在は上記 $M_2$ を求める式の具体的な形は知られていないが、 $M_2$ が知られていない間は、 $w_2 = 0$ として計算する。また、地震電磁界信号の発生源の拡がりと、マグニチュード $M_1$ との関係についても、各地域、地震のメカニズムなど地震の型ごとの経験式は、データの蓄積により改良することとなる。今後の各地における観測データの蓄積を待って、これ等の経験式の精度の向上を図る自己学習機能を有するものであってもよい。従って、本システムでは、利用者の経験がネットワーク等でグローバルにかつ、効率的にリンクされていれば一層効率的なものとなる。

【0034】以上のようにして地震発生時刻推定部41、発生源分布推定部39、マグニチュード推定部40において算出された全ての推定値、特に、地震発生時 $T_E$ と、地震発生中心位置 $X_0$ 、その拡がり $\Delta X_0$ 、及び強度分布 $I_0$ と、地震のマグニチュード $M_0$ との地震予測の三要素の予測値は、主局特性値表示部42に表示される。また、判定部43では、上記した三種のデータと、気象データを参考データとして比較し、雷放電の有無の確認を行う他、微小地震活動の推移、地殻変動データ

タなど地殻活動に関する参照データと、推定された地震予測の三要素の全て、又は、一部とを対比して、総合的評価を行い、推定の精度を評価する。このような評価の際、地殻変動等のその他の独立していると思われる観測項目に異常がある場合には、予測の信頼度を大きくする。判定の高度化、定量化にあたっては、自己学習機能を採用することができるが、初期の段階では、定性的な判定となる。

#### 【0035】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、少なくとも2箇所に設置した各観測局にて検出した地震電磁界信号から市中ノイズ、及び大気放電ノイズを除去した地震電磁界信号 $O_s$ と既知の地震電磁界信号波形とを対比し、同じ波形を有する地震電磁界信号 $O_s$ を抽出し、この信号 $O_s$ の振幅レベル毎のパルスの数等で構成される局地特性値信号 $C_e$ と、到来方位データ( $d, \Delta d$ )と、この到来方位データ( $d, \Delta d$ )の相加平均値から求めた局地方向分布データ( $d_{0i}, \Delta d_{0i}$ )とを基地局に送る一方、観測点から、基地局から送られたデータにより示される地震電磁界発生源の中心位置( $X_0, \Delta X_0$ )を結んで形成される空間ウインドー幅内に存在する振幅レベル毎のパルス数、及び極値にて構成される改良局地特性値信号 $C_f$ と、低周波の信号 $O_s$ とを基地局に送信する。基地局の相関処理手段では、各観測点間の地震電磁界信号 $O_s$ の平滑化相関関数に基づいて遅延時間 $T$ 、及び半値幅 $H$ を求め、そして遅延時間 $T$ をトモグラフィー部に入力して地震電磁界の空間分布データ( $X_t, \Delta X_t$ )を求め、主局地震電磁界波弁別手段では、半値幅 $H$ に基づいて形成される到達許容時間幅 $\Delta T_{12}$ 内に共通に存在する各観測局の信号 $O_s$ を主局特性値信号 $O_r$ として出力し、さらに、主局特性値算出手段では、一定時間におけるこの信号 $O_r$ の振幅レベル毎のパルス数等から構成される信号 $C_r$ を出力し、局地方向分布データ( $d_{0i}, \Delta d_{0i}$ )に基づいて求めた地震電磁界の発生域の平均分布データ( $X_r, \Delta X_r, I_r$ )と、算出した観測点から $X_r$ に至る震央距離 $l$ とを出力する。発生源分布推定部では、平均分布データ( $X_r, \Delta X_r, I_r$ )と、空間分布データ( $X_t, \Delta X_t$ )と、到来方位データ( $d, \Delta d$ )に基づいて算出したデータ( $X_i, \Delta X_i, I_i$ )との重み付き平均値データ( $X_0, \Delta X_0, I_0$ )を算出して発生源分布の推定を行い、マグニチュード推定部では、重み付き平均値として算出された中心位置データ $X_0$ 、拡がり $\Delta X_0$ と、局地特性値信号 $C_e$ 、及び $C_f$ と、主局特性値信号 $C_r$ と、距離 $l$ とに基づいて地震のマグニチュード $M_0$ を推定し、さらに、地震発生時推定部では、主局特性値 $C_r$ と、局地特性値 $C_e$ と、改良局地特性値 $C_f$ における、パルス数時間関数に基づいて求めた重み付き平均値により示される異常値発生時 $T_0$ に、経験から求めた時間 $\Delta T$ を加算して地震発生時 $T_E$ を求めるよう構成され

ている。従って、各観測局、及び基地局においてノイズの影響を受けない地震電磁界信号が形成される上、これらの地震電磁界信号に基づいて地震電磁界の特性を示す局地特性値信号 $C_e$ と、改良局地特性値信号 $C_f$ と、主局特性値信号 $C_r$ との3種類の特性値信号等を形成することが出来、このため、これらの信号等に基づいて求めた地震発生時 $T_E$ と、その発生源中央位置データ( $X_0, \Delta X_0, I_0$ )と、そのマグニチュード $M_0$ との推定を高い精度にて得ることが可能となり、高い確度にて地震の前兆現象に係わる電磁界の観測を行うことが出来る。

【0036】さらに、地震の発生時推定部と、発生源分布推定部と、マグニチュード推定部との出力信号と、気象データとを対比して雷放電の確認を行うことが出来、さらに、地殻活動モニタデータと対比することで、推定した3要素の信号の信頼性を評価することが可能となる。

【0037】また、本発明の地震の前兆現象に係わる電磁界の観測技術によれば、地震の前兆現象に係わる電磁界の観測手法が実用的と考えられるので、一般に広く活用されることが出来、このため、避難の実施により人命の保全が可能となる他、一次、二次災害を軽減する等、地震災害の全般的軽減を図ることが期待出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の地震の前兆現象に係わる電磁界観測方法を実施する装置の実施例の概略的構成を、複数の観測局の1つを概略的に示すブロック図と、基地局の概略的ブロック図とにより示す図である。

【図2】 図1に示される観測局の詳細なブロック図である。

【図3】 図1に示される基地局の詳細なブロック図である。

【図4】 観測点から地震電磁界発生中央位置 $X_0$ を結んだ中心方向 $d_s$ と、地震電磁界の拡がりから求めた方向のばらつき $\Delta d_s$ との関係を模式的に示す図である。

【図5】 空間ウインドー( $d_s \pm \Delta d_s$ )幅内、即ち図中、 $\angle P O P$ の立体角内に存在する信号 $O_s$ のパルス(○印にて示す)のみを抽出対象とすることを模式的に示す図である。

【図6】 (A)は観測点 $i$ において観測点 $j$ に対し遅延時間 $T_{ij}$ を持って入力される地震電磁界信号 $O_{s,i}$ の波形を例示する図、(B)は観測点 $j$ から入力される地震電磁界信号 $O_{s,j}$ の波形を例示する図である。

【図7】 3つの回転2葉双曲面11、12、13の交点 $Q$ (地震電磁界発生域)として求められた地震電磁界の発生点 $X_t$ の関係を模式的に示す図である。

【図8】 (A)は観測点1から到達時間 $t_1$ にて入力される信号 $O_{s,1}$ を例示する図、(B)は観測点2から到達時間 $t_2$ にて入力される信号 $O_{s,2}$ と、信号 $O_{s,1}$ 及び信号 $O_{s,2}$ の遅延時間 $T_{12}$ とを示す図、(C)は到達時間

$t_1$  に到達時間  $t_2$  を一致させ、到達許容時間幅  $\Delta T_{12}$  内に共通に存在する 2 つの信号  $O_{s1}, O_{s2}$  を○印にて示し、それ以外をノイズ(×印)とすることを模式的に示す図である。

【図9】(A) は複数の観測点における局地方向分布データ ( $d_{0i} \pm \Delta d_{0i}$ ) の交点により形成される電磁界信号の発生場所  $X_i$ 、及びそのばらつき  $\Delta X_i$  との関係を示す図、(B) は電磁界パルスの発生場所  $X_i$  と、そのばらつき  $\Delta X_i$  を 1 つの円で示し、この円の多数の集合を雲状の塊として示す図、(C) は図9 (B) に示す雲状の塊の平均的な中心位置  $X_r$ 、及びその拡がり  $\Delta X_r$  と、観測点との位置関係を示すとともに、観測点から中心位置  $X_r$  迄の震央距離  $L$  の位置関係を模式的に示す図である。

【図10】(A) は地震電磁界のパルス数時間関数  $C$  と、地震の直前発生を判定する異常判定基準値  $C_0$  と、この  $C_0$  を超える時間  $T_0$  との関係を模式的に示す図である。

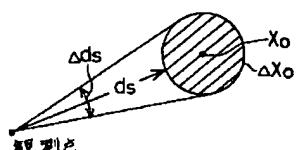
す図、(B) は地震発生時刻  $T_E = T_0 + \Delta T$  の関係を模式的に示す図である。

【図11】×状にて示す地震電磁界の発生源の集まりを雲状の分布として描く領域の面積  $A$  を模式的に示す図である。

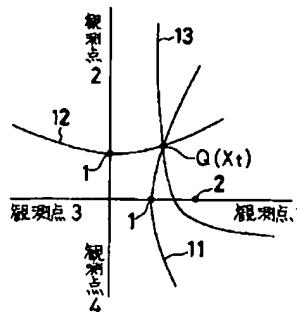
#### 【符号の説明】

21…センサ、22…フィルタ、23…増幅器、  
24…雷除去部、25…雷位置標定部、26…局地地震電磁界弁別部、27…局地特性値算出部、28…改良局地特性値算出部、29…伝送部、30…時刻装置、31…受信装置、32…インターフェース、33…局地特性値表示部、34…低速信号モニター、35…主局地震電磁界波弁別部、37…主局特性値算出部、38…トモグラフィー部、39…発生源推定部、40…マグニチュード推定部、41…発生時推定部、42…主局特性値表示部、43…総合判定部。

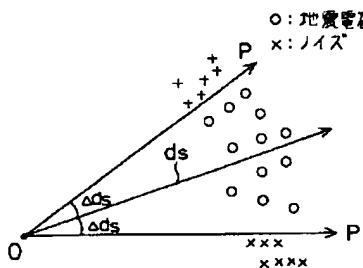
【図04】



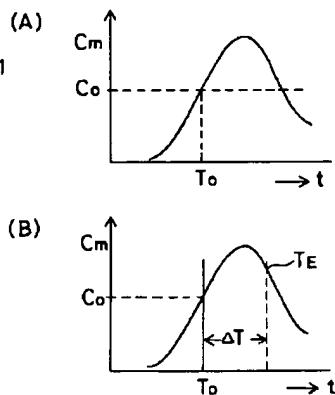
【図07】



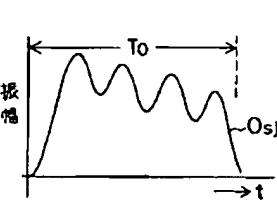
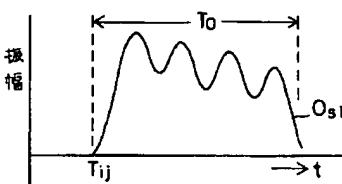
【図05】



【図10】



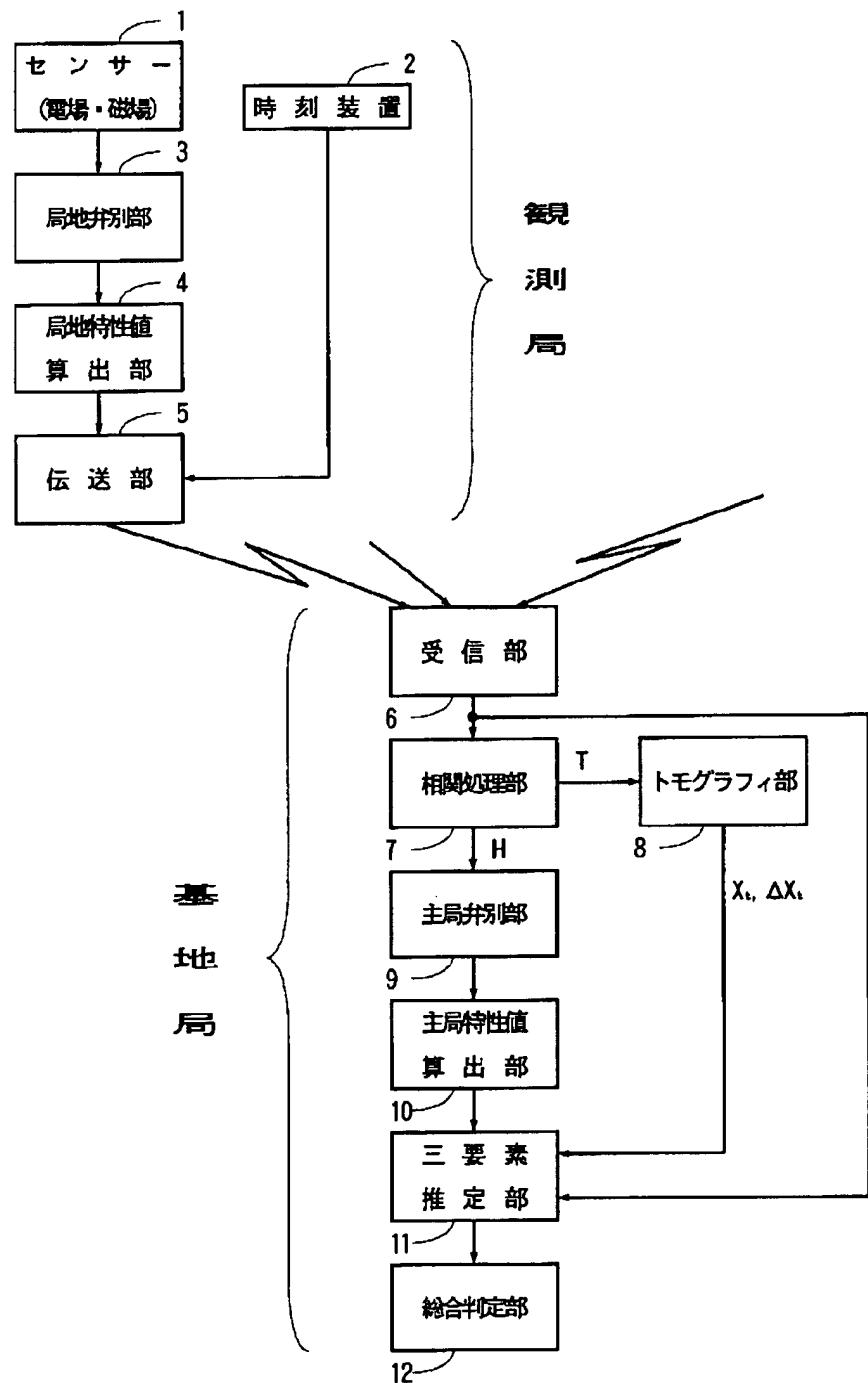
【図06】



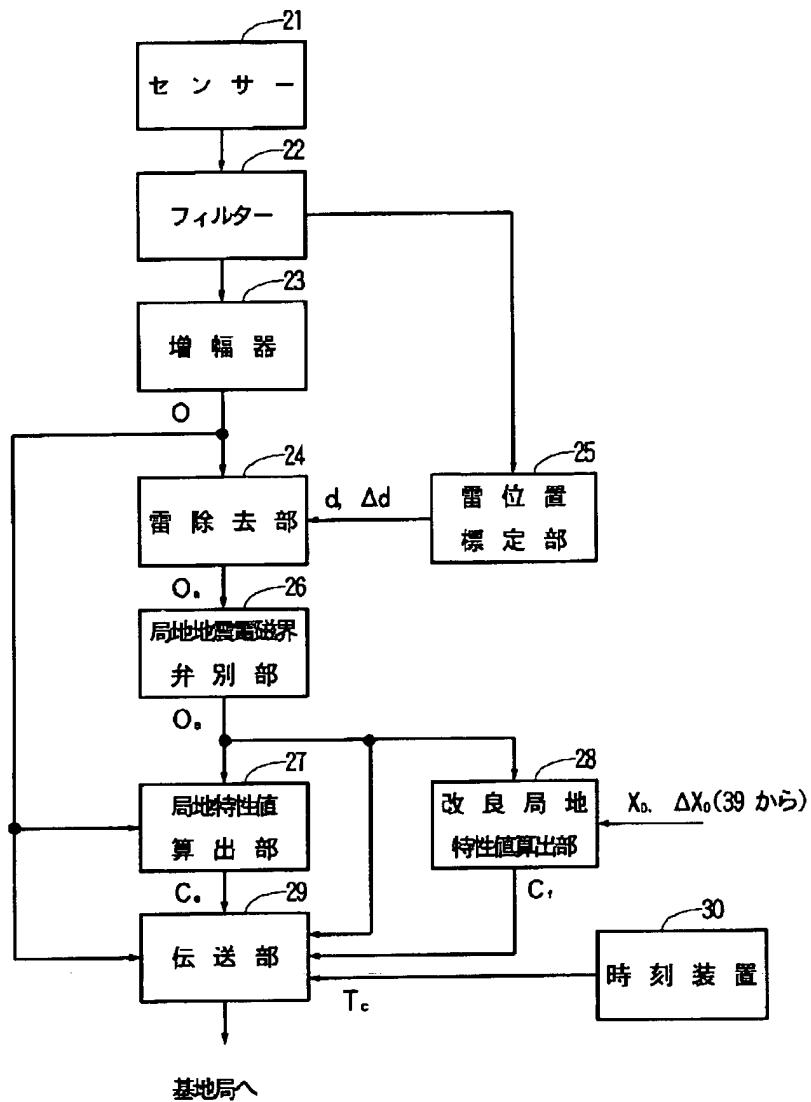
【図11】



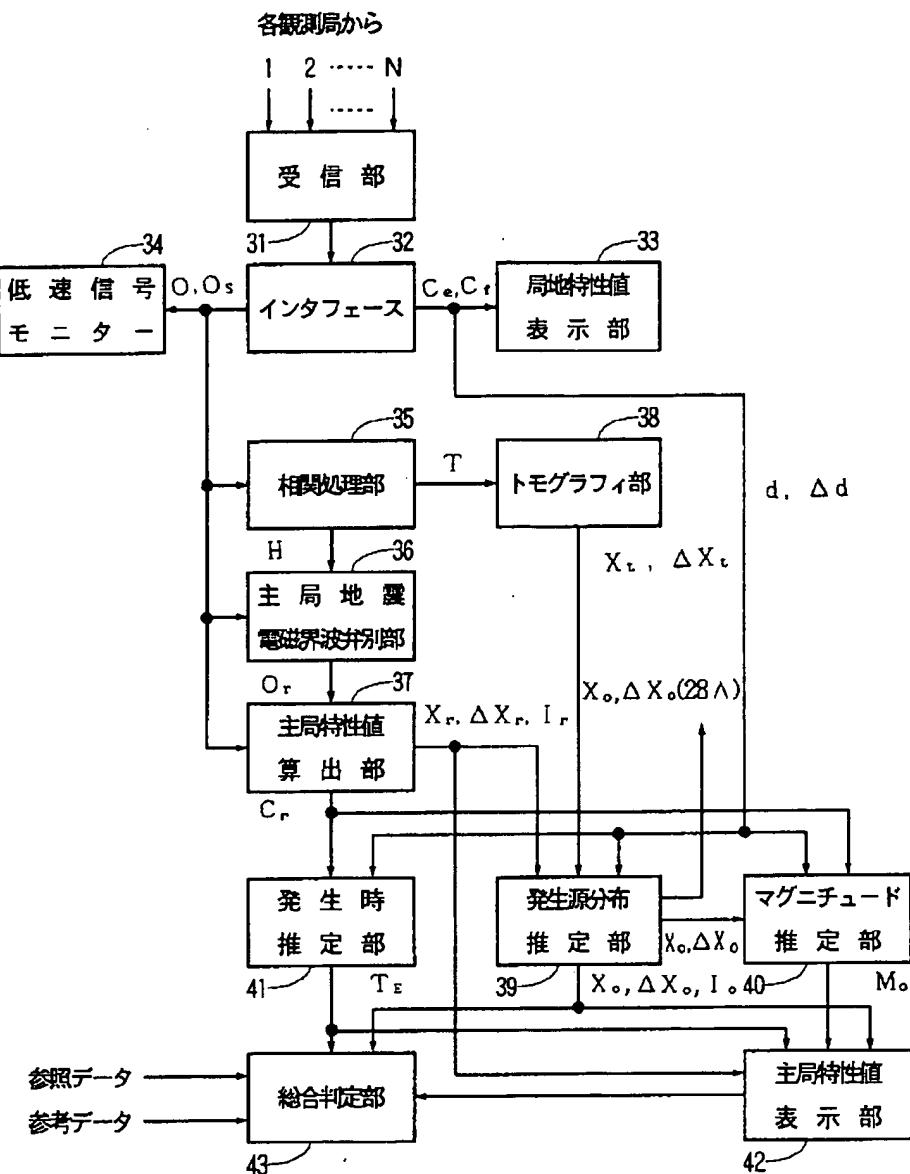
【図01】



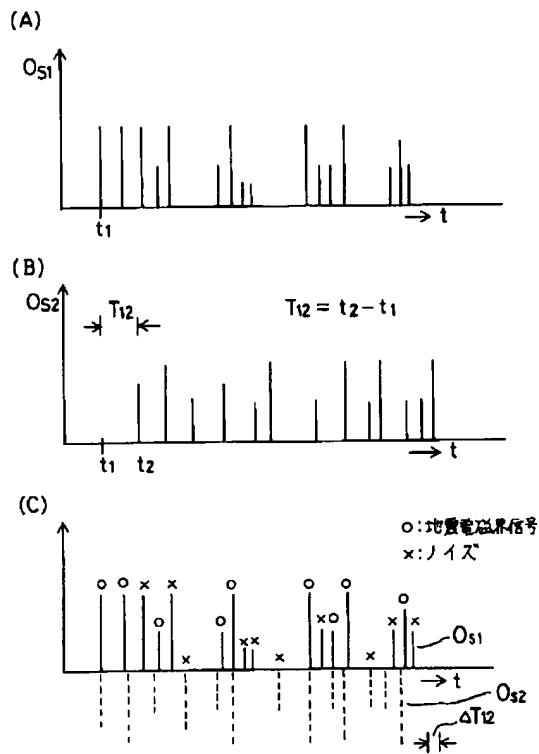
【図02】



【図03】



【図08】



【図09】

